

6 5

Volum - Hygrometer¹⁾

von

Franz Schwackhöfer,

a. o. Professor an der Hochschule für Bodencultur in Wien.

(Mit Tafel XXIV.)

Dieser Apparat, welcher auf Tafel XXIV in einem Viertel der natürlichen Grösse abgebildet ist, dient zur genauen Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der atmosphärischen Luft auf chemischem Wege, und zwar mit Umgehung jeder Wägung.

Derselbe eignet sich nicht nur für den in Rede stehenden speciellen Zweck, sondern kann auch mit Vortheil anstatt des Psychrometers zum täglichen Gebrauche an meteorologischen Stationen dienen, da eine Bestimmung mit demselben ohne jegliche Vorbereitung binnen wenigen Minuten ausführbar ist.

Das Wesen dieses Apparates besteht in Folgendem:

Die zu untersuchende Luft wird mittelst der Quecksilberpumpe *P* angesaugt, ein genau bekanntes Volumen davon in die Bürette *B* eingeschlossen und von hier aus in das mit concentrirter Schwefelsäure gefüllte Absorptionsgefäss *A* gedrückt.

Nach erfolgter Absorption des Wasserdampfes wird die Luft wieder in die Bürette zurückgebracht und die Volumabnahme bestimmt. Diese letztere entspricht — unter Berücksichtigung der während des Versuches eventuell eingetretenen Temperaturveränderung — direct Volumprocenten Wasserdampf in der untersuchten Luft.

Die Einzelheiten der Construction dieses Apparates werden sich aus Nachfolgendem ergeben.

Die Bürette besteht aus einem cylindrischen, etwa 5 Cm. weiten und 9 Cm. hohem Gefässe *B*, welches oben und unten in eine enge Röhre ausläuft. Die nach abwärts gerichtete Röhre *C* hat eine Länge von circa 35 Cm. und ist mit einer Theilung versehen, welche Hundertel Volumtheile des ganzen Fassungsraumes (vom Hahnschlusse α bis zum Nullpunkte) angibt.

¹⁾ Mit theilweiser Benützung der Abhandlung im LXXVI. Bd. der Sitzungsber. der k. Akademie der Wissenschaften in Wien. 1877.

In dem weiten Theile B ist ein empfindliches, in $\frac{1}{10}$ Grade getheiltes Thermometer t eingeschmolzen, und zwar so, dass nur dessen Quecksilbergefäss sich im Innern der Bürette befindet, die Thermometerscala aber ausserhalb steht (Fig. II.). Dieser Theil ist von einem zweiten Gefässe umgeben, welches den Zweck hat, die in der Bürette eingeschlossene Luft gegen Temperaturschwankungen während der Beobachtung zu schützen.

Ueberdies ist der Zwischenraum zwischen der Bürette und dem äusseren Glasgefässe auch noch mit Glycerin erfüllt.

Vor der Thermometerscala ist eine verschiebbare und circa dreimal vergrössernde Loupe L angebracht, um noch Unterabtheilungen von $\frac{1}{10}$ Graden ablesen zu können.

Das obere Ende der Bürette ist im rechten Winkel gebogen und mittelst einer Holländerverschraubung mit dem Messingdoppelhahn H fest verbunden. Wird der Wechsel α in die Stellung I gebracht, so ist die Verbindung der Bürette mit dem Rohre b hergestellt, durch welches beispielsweise die zu untersuchende Luft eingesaugt wird; dreht man den Wechsel um 120 Grad (Stellung II), so kann die in der Bürette befindliche Luft durch das Rohr a ausgeblasen werden, und bringt man den Wechsel durch Drehung um 60 Grade in die Stellung III, so ist die Communication der Bürette mit der äusseren Atmosphäre abgesperrt.

Der zweite Wechsel β stellt die Verbindung her zwischen der Bürette und dem Absorptionsgefässe A . Dasselbe ist aus Glas gefertigt und mittelst eines Kautschukstöpsels in den Hals einer starkwandigen Flasche dicht eingepasst. Der weitere in die Flasche hineinragende Theil des Absorptionsgefässes ist behufs Vergrösserung der Flüssigkeitsoberfläche mit engen Glasröhren gefüllt und hat seitlich unten vier Oeffnungen o für den Aus- und Eintritt der Schwefelsäure. Oben läuft das Gefäss in ein enges Rohr aus, welches mit einer Marke m versehen und mit dem Doppelhahne H dicht verbunden ist. Durch den Stöpsel geht ferner ein Glasröhrchen, an welchem ein Kautschukballen z befestigt ist. Die Flasche ist bis auf halbe Höhe mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt. Durch Zusammendrücken des Ballens erfährt die in der Flasche befindliche Luft eine Compression, wobei die Schwefelsäure im Absorptionsgefässe steigt und durch Schliessen des Schraubenquetschers q auf die Marke m eingestellt werden kann.

Wird dagegen Luft aus der Bürette in das Absorptionsgefäss gedrückt, so steigt die Säure in der Flasche und die dadurch verdrängte Luft wird von dem Kautschukballen z aufgenommen. In dieser Weise lässt sich eine auf- und absteigende Bewegung der Säure bewerkstelligen, ohne dass dieselbe dabei mit der äusseren Luft in Berührung kommt.

Endlich ist noch die Saug- und Druckvorrichtung P zu beschreiben.

Dieselbe besteht im Wesentlichen aus einem Glascylinder g , in welchem ein in verticaler Richtung beweglicher Holzstempel f derart eingepasst ist, dass zwischen der innern Glaswand und dem Stempel ringsum ein Raum von nur etwa 1 Mm. frei bleibt.

Am oberen Ende des Holzstempels ist ein Aufsatz aus Buchholz eingeschraubt, auf welchem eine Stahlmutter für die in verticaler Richtung wirkende Druckschraube s befestigt ist. Ueber dem Glascylinder ist ein winkelförmiges Lager an der Kastenwand festgeschraubt, welches sowohl der Druckschraube s als auch den beiden rechtwinklig in einander greifenden Kronrädern r und r' als Führung dient.

Damit der Holzstempel f nur eine verticale, nicht aber auch eine drehende Bewegung machen kann, sind zwei Führungsstangen (in der Zeichnung punktirt) angebracht, welche in dem Messingbügel unter dem Zahnrade r festsitzen und durch Oeffnungen in der vorerwähnten Stahlmutter gehen.

Zur Drehung der Schraube *s*, welche das Heben und Senken des Holzstempels bewirkt, dient die Kurbel *k*.

Der Glascylinder *g* ist bis zur Linie *n'* mit Quecksilber gefüllt und communicirt durch das Auslaufrohr *u* mit der Stahlkapsel *y*, in welche das Bürettenrohr *c* und das Druckcontrolrohr *d* einmünden.

Nimmt der Holzstempel *f* seine höchste Stellung ein (wie in Fig. I dargestellt), so berührt er das Quecksilber nicht, dasselbe steht im Glascylinder, so wie in den beiden Röhren *c* und *d* gleich hoch, und zwar trifft in diesem Falle das Quecksilber-Niveau etwa $\frac{1}{2}$ Cm. unter dem Nullpunkt.

Drückt man den Stempel *F* nieder, so steigt das Quecksilber in dem engen Zwischenraume zwischen *F* und *g* und gleichzeitig aber auch in den beiden communicirenden Röhren *c* und *d*. Hat der Stempel endlich seine tiefste Stellung erreicht (in Fig. I durch Punkte angedeutet), so steht das Quecksilber-Niveau bei der Linie *n* und die Bürette *B* ist mit Quecksilber gefüllt. Beim Heben des Stempels sinkt das Quecksilber wieder und wird Luft in die Bürette eingesaugt.

Das Druckcontrolrohr *d*, über dessen Zweck weiter unten noch die Rede ist, verläuft — so weit die Theilung reicht — ganz nahe am Bürettenrohre *c*, so dass die geringste Differenz im Quecksilber-Niveau in den beiden Röhren schon sehr deutlich ersichtlich ist. Ueberdies ist zum genauen Einstellen und Ablesen auch noch ein verschiebbares Diopter *v* angebracht.

Oben ist das Rohr *d* im Winkel umgebogen und trägt ein kleines mit Glaswolle gefülltes Gefäß *w*, um die in die Röhre eintretende Luft von Staubtheilchen zu befreien. Aus demselben Grunde ist auch der Glascylinder *g* oben mit einem Beutel *l* aus Sämischleder verschlossen.

Zum Einfüllen und Entleeren des Quecksilbers ist an der Stahlkapsel *y* ein seitlich abzweigendes Rohr *i* angebracht, welches durch die Schraube *h* von innen verschliessbar ist.

Der ganze Apparat ist in einem Holzkasten eingeschlossen, und die einzelnen Bestandtheile desselben sind an den Kastenwänden derart befestigt, dass sie leicht herausgenommen werden können.

Ausführung der Wasserbestimmung.

Die zu untersuchende Luft kann entweder durch *a* oder auch durch *b* in die Bürette eingesaugt werden, wie es eben im gegebenen Falle für die Anbringung der Zuleitungsröhren am bequemsten erscheint.

Das zweckmässigste Material für die Zuleitungsröhren ist Glas. Kautschukschläuche sind für diesen Zweck gänzlich unbrauchbar, da dieselben, je nach der Temperatur und dem Feuchtigkeitszustande der durchgehenden Luft, Wasser anziehen oder abgeben, und somit das Resultat der Feuchtigkeitsbestimmung beeinträchtigen.

Die Fehler, welche dadurch bedingt werden, können unter Umständen — wenn nämlich bei zwei auf einander folgenden Bestimmungen Luft von sehr verschiedenem Feuchtigkeitsgehalte durchgesaugt wird — selbst schon bei einer kurzen, nur etwa einen Meter langen Kautschukleitung mehrere Zehntel Volumprocente betragen. Bei Glasröhren tritt dieser Uebelstand nicht ein, vorausgesetzt, dass die Leitung und auch der Apparat keine niedrigere

Temperatur besitzt, als die eingesaugte Luft, und daher eine Condensation des Wasserdunstes nicht stattfinden kann.

Um die Leitung beweglich und weniger zerbrechlich zu machen, ist sie aus starkwandigen Glasröhren von circa 3 Mm. innerer Lichte und etwa 30 bis 40 Cm. Länge zusammengesetzt. Die einzelnen Röhren werden mittelst Kautschukschläuchen dicht unter einander verbunden, und zwar so, dass die Glasrohrenden aneinander stossen. In gleicher Weise wird auch die Verbindung mit a oder b hergestellt.

Die zweite Operation ist das Einstellen der Schwefelsäure im Absorptionsgefässe auf die Marke.

Zu diesem Behufe bringt man den Hahn α in die Stellung I oder II, öffnet den Schraubenquetscher q und den Hahn β und drückt vorsichtig an dem Ballen z bis die Schwefelsäure die Marke m erreicht hat; hierauf werden q und β wieder verschlossen.

Ist die Zuleitung mit a verbunden, so wird beim Ansaugen der Luft in folgender Weise vorgegangen. Zuerst bringt man den Hahn α in die Stellung I und füllt die Bürette durch Niederschrauben des Stempels F mit Quecksilber. Hat das Quecksilber seinen höchsten Stand in der Bürette erreicht (Linie n), so verstellt man α um 120 Grad (aus Stellung I in Stellung II) und lässt dasselbe durch Heben des Stempels wieder bis zum Nullpunkt sinken, wobei Luft durch die Rohrleitung in die Bürette eintritt.

Diese Manipulation (Hinausdrücken der Luft durch b und Einsaugen durch a muss mehrmals wiederholt werden, um alle ursprünglich in der Rohrleitung vorhandene Luft zu verdrängen, und durch jene zu ersetzen, in welcher der Feuchtigkeitsgehalt bestimmt werden soll. Nach dem letzten Einsaugen lässt man das Quecksilber in den beiden Röhren c und d vollständig zur Ruhe kommen, verschliesst hierauf den Hahn α (Stellung III) und liest den Stand des Thermometers t ab.

Um die in der Bürette eingeschlossene Luft mit der Schwefelsäure in Berührung zu bringen, öffnet man den Schraubenquetscher q , alsdann den Hahn β und verdrängt die Luft durch Niederschrauben des Stempels F aus der Bürette in das Absorptionsgefäss A .

Nach Verlauf von etwa einer halben Minute leitet man die Luft wieder in die Bürette zurück. Da bei dieser Operation nicht das ganze Luftquantum mit der Schwefelsäure in Berührung kommt, so muss das Hin- und Zurückleiten drei- oder viermal wiederholt werden, um das Austrocknen vollständig zu bewirken.

Schliesslich wartet man, bis alle Luftblasen aus der Röhre im Absorptionsgefässe aufgestiegen sind, stellt alsdann die Schwefelsäure wieder auf die Marke m ein und verschliesst q und β . Die Quecksilbersäulen in c und d stellen sich jetzt beim Nullpunkte nicht mehr ins Niveau, sondern in c wird der Stand ein wesentlich höherer sein, weil durch das Verschwinden des Wasserdampfes der Druck in der Bürette geringer geworden, die Quecksilbersäule in d aber immer unter dem gleichen Drucke (nämlich unter jenem der äusseren Atmosphäre) geblieben ist.

Um die in der Bürette befindliche Luft unter denselben Druck zu stellen, hebt man das Quecksilber durch langsames Niederschrauben des Stempels so weit, bis es in den beiden Röhren c und d vollkommen gleich hoch steht, und liest hierauf mit Hilfe des Diopters v den Stand an der Scala ab; gleichzeitig wird auch die Temperatur am Thermometer t abgelesen.

Zur Ueberzeugung ob alle Feuchtigkeit absorbiert ist, wird die entwässerte Luft nochmals in das Absorptionsgefäss geleitet, alsdann wieder in die Bürette zurückgebracht und

neuerdings abgelesen. Ergibt sich hiebei keine Differenz mit der ersten Ablesung, so ist die Absorption beendet.

Versuche haben gezeigt, dass eine Luft, die bis zu 1·8 Volumprocente Wasserdampf enthält, schon bei drei- oder viermaliger Berührung mit der Säure im Absorptionsgefässe auf das Vollständigste ausgetrocknet wird.

Die am Bürettenrohre abgelesenen Grade entsprechen unmittelbar Volumprocenten Wasserdampf in der untersuchten Luft, falls die Temperatur während des Versuches ungeändert geblieben ist. Hat sich jedoch eine Veränderung ergeben, so müssen die abgelesenen Procente corrigirt werden, und zwar beträgt die Correctur für je 0·1 Grad C. 0·0366. Diese Correctionszahl ist beim Steigen der Temperatur zu den Angaben des Apparates zu addiren, im entgegengesetzten Falle zu subtrahiren.

Um den Feuchtigkeitsgehalt der Luft bis auf ein Hundertstel-Volumprocent genau zu ermitteln, muss daher die Temperatur vor und nach der Absorption bis auf 0·03 Grad C. bestimmt werden, was bei dem in $\frac{1}{10}$ Grade getheilten Thermometer mit Hilfe der Loupe ganz leicht gelingt.

Der Barometerstand kommt hier nicht in Betracht, da die in Untersuchung genommene Luft vor und nach der Absorption des Wasserdampfes unter gleichem Drucke gemessen wird.

Ebenso ist auch der Fassungsraum der Röhre von der Marke *m* bis zum Hahnschluss β ohne Einfluss auf die Bestimmung, da derselbe vor und nach der Absorption mit dem gleichen Quantum trockener Luft gefüllt ist.

Nach Beendigung einer Bestimmung kann der Apparat ohne Weiteres für die nächstfolgende benützt werden. Darin liegt ein wesentlicher Vorzug dieses Apparates gegenüber der Winkler'schen Gasbürette, welche gleichfalls zur directen Bestimmung der Luftfeuchtigkeit empfohlen wurde.¹⁾

Diese Gasbürette muss nach jeder einzelnen Bestimmung entleert, ausgewaschen und getrocknet werden, während mit dem Volum-Hygrometer viele tausend Bestimmungen ausgeführt werden können, bis eine Entleerung und Frischfüllung des Absorptionsgefässes nothwendig wird.²⁾

Dem Psychrometer, sowie auch allen anderen Hygrometern gegenüber hat dieser Apparat, neben der weit grösseren Genauigkeit seiner Angaben, auch noch den Vorzug, dass er sowohl bei stark bewegter, als auch ruhiger Luft und ebenso bei Temperaturen unter Null immer gleich gut verwendbar ist.

Für letzteren Fall wird es sich empfehlen, das Bürettenrohr noch mehr zu verengen, so dass dessen Fassungsraum nur etwa 0·5 Procente des Gesamtfassungsraumes der Bürette entspricht, und somit auch noch Unterabtheilungen von Hundertel-Graden abgelesen werden können.

Der Apparat kann an einem beliebigen Punkte aufgestellt und die zu untersuchende Luft auf ziemlich lange Strecken in denselben eingesaugt werden, was namentlich für die forstlich-meteorologischen Untersuchungen wünschenswerth ist; auch für die täglichen Beobachtungen an meteorologischen Stationen ist es zum mindesten bequem, wenn der Apparat bleibend im Zimmer aufgestellt und die Luft von aussen damit untersucht werden kann.

¹⁾ Fresenius, Zeitschrift für analyt. Chemie. 1873. p. 82.

²⁾ Im Absorptionsgefässe befinden sich circa 600 Gr. concentrirte Schwefelsäure. Da bei einer Bestimmung durchschnittlich nicht mehr als ein Milligramm Wasser aufgenommen wird, so können 30.000 Bestimmungen ausgeführt werden, bis nur eine fünfprocentige Verdünnung der Säure eintritt.

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass dieser Apparat auch zur Messung der Nebelmengen benützt werden kann, wofür die Meteorologie bisher kein Instrument besitzt.

Diese Bestimmung unterscheidet sich von der gewöhnlichen Methode der Luftfeuchtigkeitsbestimmung nur dadurch, dass die zu untersuchende, mit Nebel beladene Luft nicht direct in den Apparat eingesaugt wird, sondern vor ihrem Eintritte in denselben ein schwach erwärmtes Glasrohr passirt, in welchem die Nebelbläschen in Dampf verwandelt werden.

Die Ablesung am Apparate gibt die Summe des Wasserdampfes, bestehend aus dem Dampf, der schon als solcher in der Luft vorhanden war, plus jenem, der durch Verdunstung der Nebelbläschen gebildet wurde. Da die nebelige Luft stets mit Wasserdampf vollkommen gesättigt ist, so lässt sich dessen Menge schon aus der jeweilig herrschenden Temperatur entnehmen, und man hat dann blos diese Zahl von der Anzeige des Apparates in Abzug zu bringen, um das aus den Nebelbläschen gebildete Dampfquantum zu erfahren, welches auf Gewicht umgerechnet und am zweckmässigsten als tropfbar flüssiges Wasser in Grammen pro Cubikmeter Luft angegeben wird.

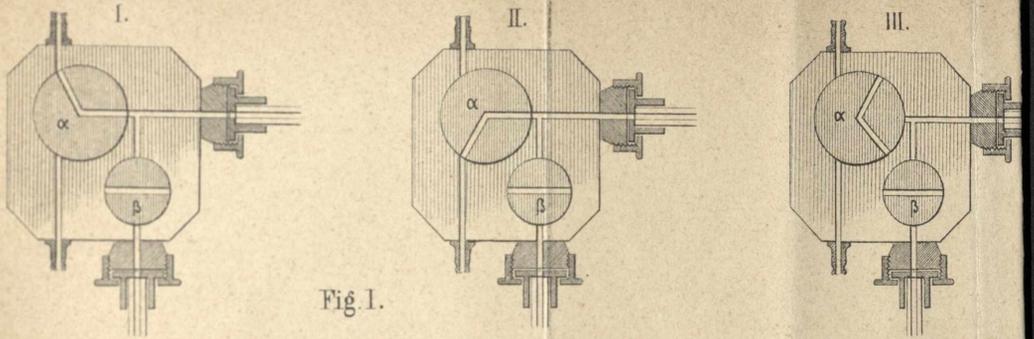


Fig. I.

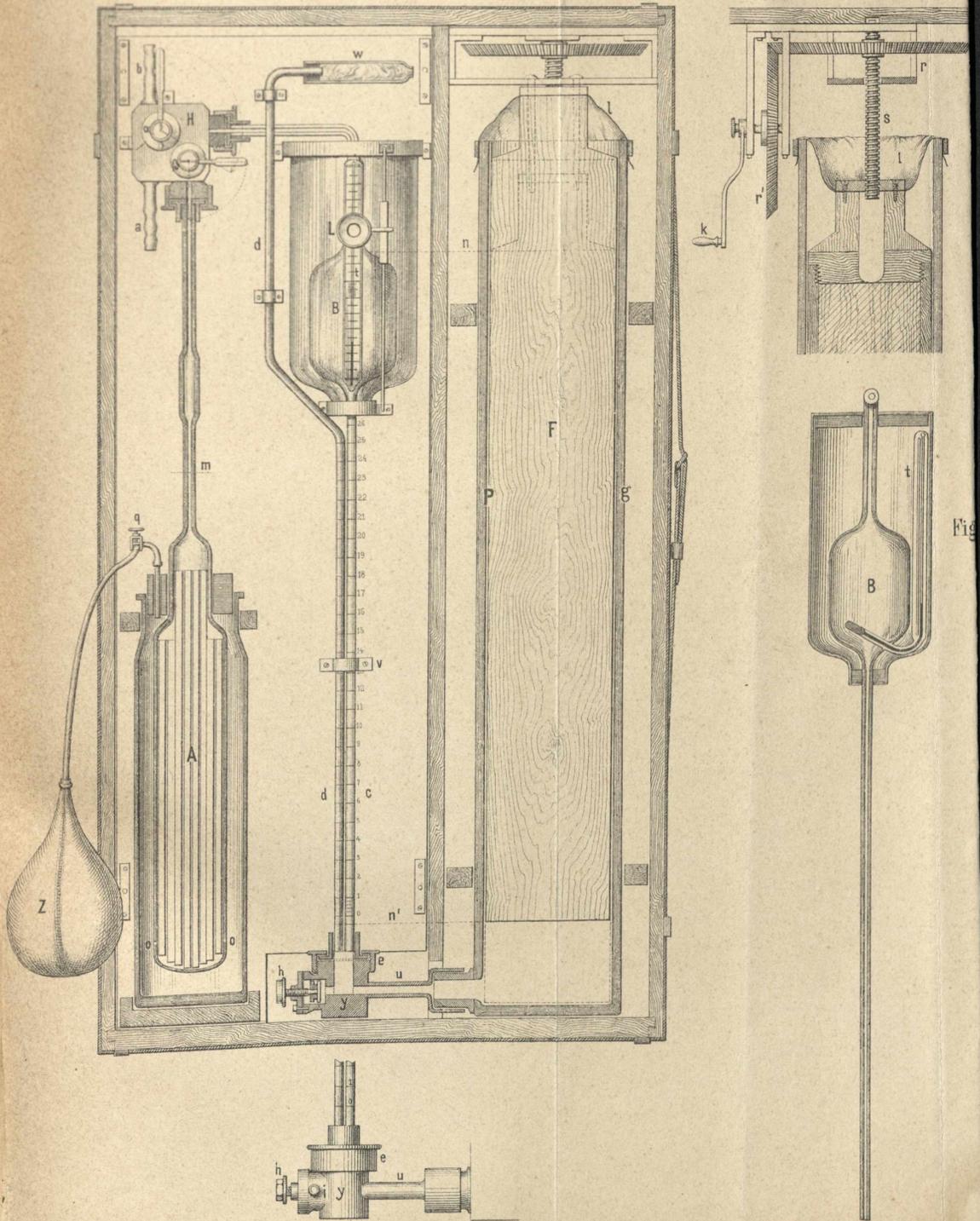


Fig.